

**KESAN SUHU PENYUNTIKAN YANG TIDAK OPTIMUM TERHADAP
KECACATAN JASAD ANUM PADA PROSES PENYUNTIKAN LOGAM
(MIM)**

Norhamidi Muhamad, Murtadhahadi, Che Hassan Che Haron, Abu Bakar
Sulong, Khairur Rijal Jamaludin, Sufizar Ahmad,
Mohd Halim Irwan Ibrahim dan Nor Hafiez Mohamad Nor
Jabatan Kejuruteraan Mekanik dan Bahan,
Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi, Selangor
Email: murtadha88@yahoo.com

ABSTRAK

Kejayaan proses pengacuanan suntikan logam (MIM) sangat dipengaruhi oleh parameter penyuntikan. Parameter proses penyuntikan terdiri dari suhu penyuntikan, tekanan penyuntikan dan suhu acuan. Suhu penyuntikan adalah salah satu parameter penyuntikan yang sangat mempengaruhi kualiti jasad anum. Suhu penyuntikan berfungsi untuk memberikan kelikatan yang cukup kepada bahan suapan supaya dapat mengalir dalam acuan tanpa hambatan, ketika bahan suapan tersebut dikenakan tekanan penyuntikan. Apabila suhu yang digunakan dalam proses penyuntikan bukan suhu penyuntikan yang optimum, maka produk tersuntik akan mengalami banyak jenis kecacatan. Kajian ini difokuskan untuk mengenal pasti jenis-jenis kecacatan yang terjadi akibat daripada suhu penyuntikan yang tidak optimum bagi proses pengacuan suntikan logam. Bahan suapan yang digunakan dalam kajian ini iaitu SS 316L, PEG, PMMA dan Asid Stearik. Saiz serbuk adalah $16\ \mu\text{m}$ dan nilai pembebanan serbuk adalah 63.5 % isipadu. Julat suhu penyuntikan yang digunakan dalam kajian ini adalah ($110\ ^\circ\text{C} - 180\ ^\circ\text{C}$) Keputusan menunjukkan penggunaan suhu penyuntikan yang lebih rendah daripada suhu optimum mengakibatkan kecacatan pada produk seperti das pendek, garis kimpalan dan dimensi produk yang tidak sempurna. Manakala penggunaan suhu penyuntikan yang lebih tinggi daripada suhu optimum mengakibatkan kecacatan seperti percikan, pemisahan bahan pengikat, perlobangan permukaan serta pengeluaran bahan suapan yang tidak terkawal. Adapun suhu penyuntikan yang optimum yang didapati dalam kajian ini adalah dalam julat suhu: ($130\ ^\circ\text{C} - 140\ ^\circ\text{C}$).

Katakunci: Pengacuanan Suntikan Logam (MIM), Suhu penyuntikan, Jasad anum.

PENGENALAN

Pengacuan suntikan logam (MIM) merupakan suatu teknologi baru yang menggabungkan asas dalam pengacuan suntikan plastik dan juga metallurgi serbuk. Proses ini amat sesuai berbanding dengan proses-proses logam lain seperti proses tuangan dan pemesinan, khususnya untuk menghasilkan produk-produk logam berbentuk rumit, kecil dan kadar pengeluaran yang tinggi dengan kos yang rendah. Proses ini mengandungi beberapa peringkat pemrosesan iaitu proses pencampuran untuk menghasilkan bahan suapan, penyuntikan, penyahikatan dan persinteran (German & Bose 1997). Setiap satunya memainkan peranan yang penting dalam menghasilkan produk akhir yang berkualiti. Produk yang dihasilkan dari pengacuan ini disebut bentuk padatan (Hens et al. 1991). Kajian terhadap produk tersuntik atau jasad anum adalah penting khususnya untuk menghasilkan produk yang homogen dan bebas dari kecacatan. Kesan daripada parameter penyuntikan yang berbeza akan menghasilkan produk jasad hijau dengan dimensi yang berbeza dan kualiti yang berbagai.

Parameter penyuntikan sangat menentukan kejayaan proses pengacuan suntikan logam. Parameter proses penyuntikan terdiri dari suhu penyuntikan, tekanan penyuntikan dan suhu acuan. Parameter acuan untuk proses MIM berbeza dengan penyuntikan plastik disebabkan oleh sifat reologi dan termalnya (German & Bose 1997). Penentuan parameter pengacuan dalam MIM adalah berdasarkan sifat reologi yang tak linear, kemeresapan terma yang tinggi dan kebolehmampatan bahan suapan yang rendah (Rhee 1992). Antara parameter mesin penyuntik yang perlu dipertimbangkan adalah suhu penyuntikan, suhu acuan, laju putaran skru, tekanan suntikan, tekanan padatan, masa suntikan, masa padatan dan masa penyejukan (German 1990).

Secara amnya julat suhu penyuntikan untuk MIM adalah kurang daripada proses plastik. Selalunya ia mempunyai julat disekitar 20°C - 30°C lebih daripada suhu lebur komposisi bahan pengikat (Rhee 1992). Suhu penyuntikan biasanya disesuaikan dengan suhu lebur bahan suapan, iaitu suhu lebur bahan polimer yang selalunya merupakan komponen bahan pengikat bersuhu lebur tertinggi. Suhu penyuntikan yang lazim dijalankan ber julat 100 sehingga 180°C.

Terdapat berbagai kecacatan yang sering berlaku terhadap produk jasad hijau semasa ujian suntikan dijalankan. Kebanyakannya kecacatan yang terjadi terhadap produk tersuntik pada proses pengacuan suntikan logam (MIM) adalah sama seperti kecacatan yang berlaku pada produk suntikan plastik. Kecacatan-kecacatan yang berlaku ini adalah banyak dipengaruhi oleh parameter-parameter semasa proses pengacuan dilakukan seperti suhu penyuntikan, suhu acuan, tekanan penyuntikan, masa penyejukan dan halaju pusingan skru. Lokasi-lokasi kecacatan ini dikenalpasti sebagai arah aliran bahan suapan bermula dari sistem get sehinggalah ke bahagian hujung sampel.

Diantara kecacatan yang berlaku semasa ujikaji adalah seperti das pendek, garisan kimpalan, percikan, pemancutan, kedutan pada permukaan, patahan produk, produk sukar dikeluarkan dari acuan, lekukan serta pemisahan bahan pengikat dan dimensi produk yang tidak sempurna.

KAEDAH UJIKAJI

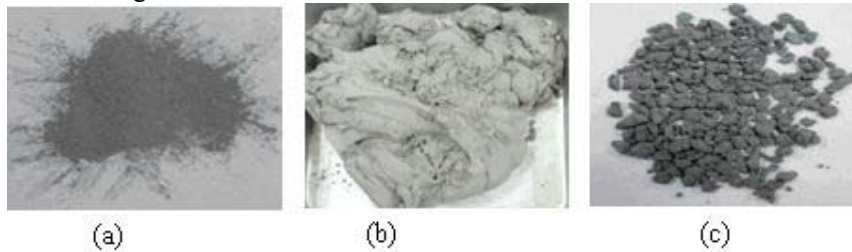
Kaedah ujikaji dalam kajian ini merangkumi beberapa proses dalam pengacuan suntikan logam iaitu bermula daripada proses penentuan dan penyediaan bahan suapan dengan pembebanan serbuk yang sesuai, proses pencampuran dan pembutiran, ujian sifat reologi bahan suapan, proses penyuntikan dan seterusnya diikuti dengan proses identifikasi kecacatan yang mungkin wujud terhadap produk tersuntik atau jasad hijau, untuk mengetahui jenis-jenis kecacatan yang terjadi pada proses pengacuan suntikan logam.

Bahan suapan yang digunakan dalam kajian ini terdiri daripada serbuk logam Stainless Steel (SS 316 L), berbentuk sfera dengan diameter serbuk 16 μm . Bahan pengikat pula terdiri daripada Polietilena Glikol (PEG), Polimetil Metakrilat (PMMA) dan Asid Stearid (AS). Komposisi serbuk dan bahan pengikat untuk mendapatkan bahan suapan yang akan digunakan untuk ujikaji proses pengacuan suntikan logam selanjutnya dapat dilihat dalam Jadual 1.

JADUAL 1 Komposisi Serbuk dan Bahan Pengikat

Komposisi Bahan Suapan	Serbuk Logam (63,5 % volume)	Bahan Pengikat (36,5 % volume)		
	SS 316 L 16 μm	PEG 4000 (73 % berat)	PMMA (25 % berat)	Stearic Acid (2 % berat)

Bahan suapan yang telah tersedia selanjutnya dicampur dengan menggunakan mesin pencampur jenis Sigma atau Bilah-Z. Selepas bahan suapan dikeluarkan daripada mesin pencampur, proses pembutiran paling baik dilakukan pada ketika bahan suapan baru dikeluarkan dari mesin pencampur (suhu sekitar 40 °C – 50 °C), supaya proses pembutiran dapat menghasilkan bahan suapan yang mempunyai butiran yang sempurna dan mudah untuk disuntik dengan purata saiz lebih kurang 2 mm.



RAJAH 1 Bahan suapan: (a) Serbuk SS 316 L, (b) Bahan suapan selepas dicampur dan (c) Bahan suapan yang telah dibutirkan siap untuk disuntik

Bahan suapan yang telah tersedia kemudiannya dilakukan pengujian sifat reologi dengan menggunakan mesin reometer rerambut jenis Shimadzu CFT-500D. Data-data reologi seperti kelikatan dan tegangan ricih pada suhu yang berbeza

diperolehi daripada ujian ini. Aliran bahan suapan dalam MIM haruslah bersifat pseudoplastik iaitu sifat kelikatannya semakin berkurang dengan penambahan kadar ricih ataupun tegasan ricih. Ciri ini amat diperlukan dalam proses MIM khususnya semasa sutikan (Iriany, 2002). Kelikatan yang terlalu rendah akan mengakibatkan berlakunya penurunan (*slumping*) pada komponen jasad hijau semasa proses penyahikatan, manakala kelikatan yang terlalu tinggi pula akan menyulitkan suntikan (German, 1990). Pengujian ini berguna untuk dapat meramalkan julat parameter proses penyuntikan yang akan dilakukan sehingga dapat menghindari pembaziran masa dan bahan suapan.

Langkah selanjutnya dalam kajian ini iaitu menghasilkan produk tersuntik melalui proses penyuntikan dengan menggunakan mesin MIM jenis Battenfeld-BA250CDC. Proses penyuntikan dilakukan dengan mempelbagai beberapa parameter penyuntikan yang berbeza seperti suhu penyuntikan dalam julat yang didapatkan dari hasil kajian sifat reologi.

Beberapa siri kecacatan yang wujud semasa ujian penyuntikan dikaji dan diselidiki setiap satunya untuk mengenalpasti jenis-jenis kecacatan yang terjadi seperti das pendek (*Short shot*), pancutan (*jetting*), percikan (*flashing*), garis kimpalan (*weldline*), pemisahan bahan pengikat (*binder separation*) adalah merupakan kecacatan yang sering berlaku dalam pengacuan suntikan logam.

KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

Daripada hasil uji kaji yang telah dijalankan dengan suhu penyuntikan yang dikenakan pada ujikaji ini adalah dalam julat 110 °C – 180 °C, telah dapat diketahui bahawa suhu suntikan yang rendah boleh menyebabkan bahan suapan tersumbat pada hujung muncung, apabila hujung muncung ini bersentuh dengan plat acuan yang lebih sejuk. Keadaan ini disebabkan oleh kerana haba hilang dari bahan suapan pada muncung dan suhu bahan yang disuntik tidak mencukupi untuk melakukan proses penyuntikan bahan suapan kedalan acuan melalui hujung muncung. Penyuntikan dengan suhu yang rendah dapat menyebabkan beberapa jenis kecacatan pada produk jasad hijau seperti:

- Pancutan atau das pendek (Rajah 2; a dan b) yang terjadi pada julat suhu penyuntikan 110 °C hingga 120 °C.
- Garis kimpalan (Rajah 3) yang terjadi pada julat suhu penyuntikan 120 °C hingga 125 °C.

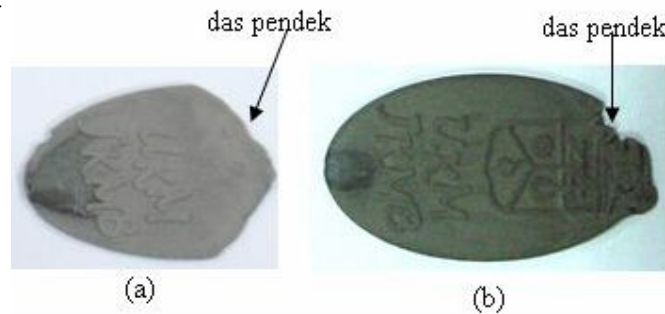
Pada suhu penyuntikan yang tinggi, produk juga boleh mengalami beberapa kecacatan. Suhu penyuntikan yang cukup tinggi dimana mencapai suhu optimum sangat diperlukan untuk membekalkan aliran yang licin kepada bahan suapan ketika disuntik, tanpa terlalu awal menyejuk sebelum memenuhi keseluruhan rongga acuan. Akan tetapi jika suhu penyuntikan terlalu tinggi akan menyebabkan beberapa kecacatan terhadap produk iaitu:

- Percikan (Rajah 4) yang terjadi pada julat suhu penyuntikan 170 °C hingga 180 °C.

- Pemisahan bahan pengikat (Rajah 5 (a) dan (b)) yang terjadi pada julat suhu penyuntikan 160 °C hingga 170 °C.
- Perlubangan permukaan produk oleh pelenting semasa pelentingan (Rajah 6 (a) dan (b)) yang terjadi pada julat suhu penyuntikan 140 °C hingga 150 °C.

a) Das Pendek (*Short Shot*)

Kecacatan das pendek sering berlaku dalam proses suntikan plastik mahupun dalam proses pengacuanan suntikan logam. Kecacatan ini berlaku apabila bahan suapan menyejuk dalam acuan sebelum proses pengisian tamat. Ianya terjadi akibat daripada suhu penyuntikan, suhu acuan dan tekanan penyuntikan yang rendah dan berlakunya kehilangan haba dalam acuan. Rajah 2 menunjukkan contoh kecacatan jenis das pendek yang berlaku semasa ujikaji suntikan dilakukan.



RAJAH 2 (a & b) Kecacatan jenis das pendek akibat suhu suntikan yang rendah

b) Garis Kimpalan (*Weldline*)

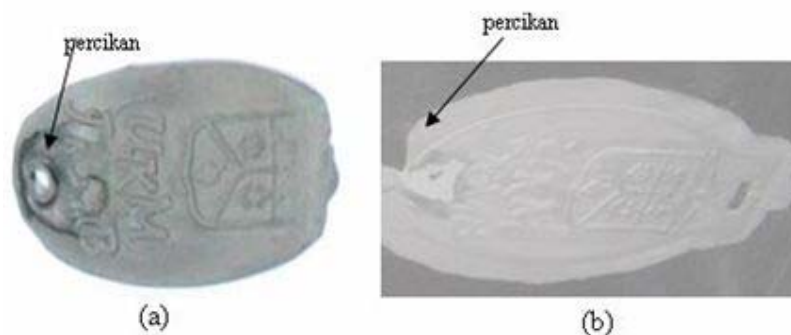
Fenomena garisan kimpalan adalah salah satu kecacatan yang harus dielakkan kerana ianya merupakan kecacatan yang paling kerap terjadi semasa proses penyuntikan. Kecacatan ini disebabkan oleh suhu yang rendah (Rhee 1992; German & Bose 1997). Ia selalunya tidak mempunyai hujung yang tajam seperti yang berlaku pada retak yang disebabkan oleh pengecutan. Daripada ujikaji yang telah dijalankan, kecacatan ini sering berlaku pada lokasi mendekati hujung sampel, lokasi di mana dua aliran bertemu pada lokasi yang jauh dari get. Oleh kerana suhu yang rendah maka permukaan depan aliran seolah-olah tidak diaktifkan atau suhu yang dibekalkan tidak mencukupi untuk memastikan kedua-dua antara muka aliran bertemu dan bersambung tanpa terbentuknya garisan. Apabila bahan suapan mengalir ke dalam acuan melalui sistem get, ia akan mengalir bersama sehinggalah terdapat rintangan atau halangan yang mana aliran ini akan terpisah bergantung kepada jenis halangan yang dilalui. Rajah 3 menunjukkan gambarajah foto bagi kecacatan garis kimpalan. Kecacatan ini berlaku pada suhu penyuntikan rendah iaitu dalam julat suhu 120 °C - 125 °C.



RAJAH 3 Kecacatan jenis garis kimpalan akibat suhu suntikan yang rendah

c) Percikan (*Flashing*)

Percikan adalah jenis kecacatan yang juga sering berlaku pada produk suntikan logam. Ianya berlaku pada suhu bekas tong dan suhu acuan yang tinggi ataupun pada keadaan tekanan padatan acuan yang tinggi. Nilai suhu yang tinggi akan menyebabkan kelikatan bahan suapan akan menjadi rendah dan memungkinkan berlakunya pemisahan. Disebabkan berlakunya pemisahan dan nilai kelikatan bahan pengikat lebih rendah maka bahan pengikat akan mudah terpercik ketepi acuan dengan membawa bersama amaun zarah-zarah logam yang sedikit. Rajah 4 (a) dan (b) menunjukkan contoh kecacatan jenis percikan pada produk tersuntik yang telah dikeluarkan dari acuan. Kecacatan ini berlaku pada suhu penyuntikan tinggi iaitu dalam julat suhu 170 °C - 180 °C.



RAJAH 4 (a &b) Kecacatan jenis percikan kerana suhu penyuntikan yang tinggi

d) Pemisahan Bahan Pengikat (*Binder Separation*)

Pemisahan bahan pengikat terjadi disebabkan suhu penyuntikan yang terlalu tinggi yang dapat menyebabkan kelikatan bahan suapan menjadi rendah, serta disebabkan oleh tekanan penyuntikan yang tinggi pada masa proses penyuntikan.

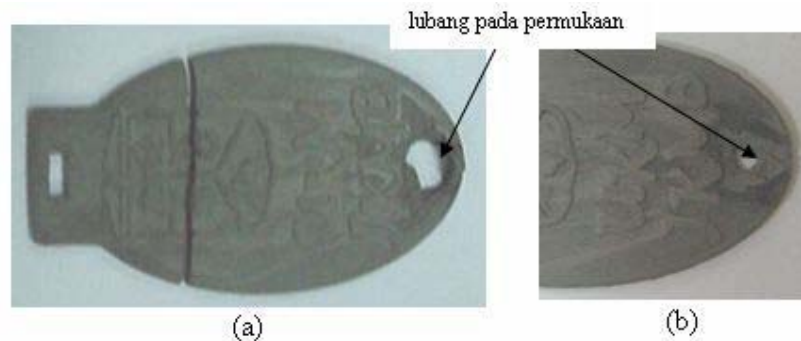
Rajah 5 (a) dan (b) menunjukkan kesan pemisahan bahan pengikat pada jasad hijau. Kecacatan ini berlaku pada suhu penyuntikan tinggi iaitu dalam julat suhu 160 °C - 170 °C. Ianya dilihat sebagai satu lapisan yang agak menggerutu yang meliputi sebahagian permukaan jasad hijau. Kecacatan ini terjadi akibat daripada suhu dan tekanan suntikan yang tinggi yang menyebabkan bahan pengikat menjadi kurang likat dan terpisah dari matrik bahan suapan.



RAJAH 5 (a &b) Kecacatan jenis pemisahan bahan pengikat kerana suhu penyuntikan tinggi

e) **Lubang Pada Permukaan (*Produk Susah Dikeluarkan*)**

Lubang permukaan merupakan kecacatan yang terjadi terhadap produk proses pengacuan suntikan logam selepas proses pelindungan disebabkan kerana suhu penyuntikan tinggi dengan tekanan yang agak tinggi dan masa penyejukan yang cepat (Rajah 6 (a) dan (b)). Ini akan menyebabkan produk masih lembut semasa acuan dibuka dan akan berlubang apabila terkena hujung peleding (injector) semasa hendak ditolak keluar dari acuan. Kecacatan ini juga boleh terjadi apabila suhu acuan terlalu tinggi semasa penyuntikan. Kecacatan ini berlaku pada suhu penyuntikan tinggi dalam julat suhu 140 °C - 150 °C.



RAJAH 6 (a &b) Kecacatan jenis lubang pada permukaan kerana suhu Penyuntikan tinggi.

KESIMPULAN

Daripada hasil ujikaji yang telah dijalankan untuk mengenal pasti jenis kecacatan yang berlaku akibat daripada suhu penyuntikan yang tidak optimum bagi proses pengacuan suntikan logam (MIM) dengan menggunakan bahan suapan dari pada SS 316 L, PEG, PMMA dan Asid Stearik, dapat disimpulkan bahawa:

1. Suhu penyuntikan adalah salah satu parameter penyuntikan yang sangat mempengaruhi kejayaan proses pengacuan suntikan logam. Suhu penyuntikan berfungsi untuk memberikan kelikatan yang cukup kepada bahan suapan supaya dapat mengalir dalam acuan tanpa hambatan, ketika bahan suapan tersebut dikenakan tekanan penyuntikan. Apabila suhu yang digunakan dalam proses penyuntikan bukan suhu penyuntikan yang optimum, maka produk tersuntik akan mengalami banyak jenis kecacatan.
2. Penyuntikan dengan suhu yang rendah dapat menyebabkan beberapa jenis kecacatan pada produk jasad hijau seperti: pancutan atau das pendek dan garis kimpalan
3. Pada suhu penyuntikan yang terlalu tinggi, juga boleh mengalami beberapa kecacatan terhadap produk iaitu: percikan, pemisahan bahan pengikat dan perlubangan permukaan produk oleh pelenting semasa pelentingan

RUJUKAN

- German, R.M. 1990, *Powder Injection Molding*. New Jersey : Metal Powder Industrie Federation.
- German, R.M. & Bose A. 1997. *Injection Molding Of Metal And Ceramics*. New Jersey : Metal Powder Industries Federation.
- Hens, K.F, Lin,S.T, German, R.M & Lee,D.1989. The Effects Of Binder On The Mechanical Properties Of Cabonyl Iron Products. *JOM* August: 17-21.
- Iriany. 2002. *Kajian Sifat Reology Bahan Suapan Yang Mengandungi Stearies Sawit Untuk Proses Pengacuan Suntikan Logam*. FKEJ. UKM. Bangi.
- Rhee, B.O. 1992. *Processing Behavior of Powder/Binder Mixtures in Powder Injection Molding-Binder Separation and Quick Freezing*. New York, USA